Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 4, 2024, p. 351-361

Two-sex Life Table Parameters of Pistachio Green Stink-bug, *Brachynema signatum* Jakovlev (Hemiptera: Pentatomidae)

M. Khajehoseini Saleh Abad[1], A. Khani[2*], H. Izadi[3], N. Sahebzadeh[2], M.A. Samih[3]

1 and 2- Former Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: abbkhani@uoz.ac.ir)
3- Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Received: 10-05-2023 Revised: 27-12-2023 Accepted: 06-01-2024 Available Online: 06-01-2024	**How to cite this article:** Khajehoseini Saleh Abad, M., Khani, A., Izadi, H., Sahebzadeh, N., & Samih, M.A. (2024). Two-sex life table parameters of pistachio green stink-bug, *Brachynema signatum* Jakovlev (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *37*(4), 351-361. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.81629.1146

Introduction

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is the most important horticultural crop cultivated extensively in central areas of Iran and an economically important nut that ranks the first among the agricultural export commodities in Iran. The annual exportation of this nut crop reaches to 100,000 tonnes that ranks the second after the oil in revenue income of the country. Kerman province is the most important pistachio producing province in Iran. The highest acreage of the pistachio producing lands in this province are allocated to Kaleghochi, Ahmadaghai, Ohadi and Akbari cultivars, respectively. Not to mention that these are the most commonly cultivated pistachio cultivars in Iran. The pistachio trees are attacked by many different insect pests. The pistachio green stink-bug, *Brachynema signatum* (Hemiptera: Pentatomidae) is a key pest of pistachio in Iran. The adults and nymphs of this insect feed on the developing fruits of pistachio and cause significant damages in the form of pericarp lesions that result to the nut drop. The pistachio green stink-bug is also a vector of thepathogenic fungus, *Nematospora coryli* Peglion that causes the formation of corky appearance and somewhat bitter and distasteful smell of pistachio endocarp. In the pistachio producing areas of Iran, this pest is present in the pistachio orchards throughout the year and can produce four to five generations per year in Kerman province. Since the host plant can affect the growth, reproduction and survival of herbivorous insects, therefore evaluating the effects of host plant on the growth and reproductive characteristics of insect pest could be used in its integrated pest management programs. These effects could be evaluated by calculating the demographic parameters, especially the intrinsic rate of increase of the insect pest (rm) on preferred host plant, reminded that the demographic parameters are affected by the quality of host plant and are very useful indicators for evaluation the suitability of host plants to insect pests. This research was conducted to study a preferred natural diet (fresh kernels of pistachio) on developmental time, fecundity, survival rate, and life table parameters of pistachio green stink bug, *Brachynema signatum* (Hemiptera: Pentatomidae). This research was conducted to study a preferred natural diet (fresh kernels of pistachio) on developmental time, fecundity, survival rate, and life table parameters of pistachio green stink bug, *Brachynema signatum* (Hemiptera: Pentatomidae).

Materials and Methods

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.81629.1146

Insects reared on fresh kernels of pistachio head ram species in the growth chamber at 27 ± 1 ˚C, 65 ± 5% RH and a photoperiod 16: 8 h (L: D) and the parameters of age-stage, two sex life table of the insect were determined. The life table study was done with 100 identical eggs of the same age. After hatching, instar nymphs were fed with fresh kernels of pistachio head ram species every day. The data of Life table were analyzed according to the theory age-stage, two sex life table.

Results

The total development time from egg to the death of adults was 83.85 days. The survival rate from newly nymph to adult stages was 34%. Females started to oviposition on day 36, reached its pick on day 44, and then gradually declined until reached zero on day 86 of the insect’s life span. The intrinsic rate of natural increase of population (r_m) and the finite rate of population increase (λ) were 0.084 ± 0.0030 and 1.088±0.003 (female/ female/ day) respectively. Gross (GRR) and net reproduction rate (R_0) were equal to 140.14 ± 15.17 and 78.78 ± 11.18 female eggs. Mean generation time (T) was 51.55±0.387 days.

Discussion

The fertility life table can be constructed for analyzing and understanding the effect of external factors and host plants on the growth, survival, reproduction, and intrinsic rate of increase of insect populations. Host plant quality is an effective factor on the fecundity and population growth rate of herbivorous insects. Analysis of age-stage, two-sex life table and its parameters obtained in this study showed that stink bug had an appropriate development on natural diet. These results could help us to understand the B. signatum population dynamics under field conditions. The results could also help us make better management decisions in integrated pest management (IPM) programs for economically important crop, Pistachio.

Keywords: Green bugs, Pistachio, Population growth parameters, Two- sex life table

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷ شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، ص. ۳۶۱-۳۵۱

فراسنجه‌های زیستی دوجنسی سن سبز پسته *Brachynema signatum* Jakovlev (Hemiptera: Pentatomidae) روی مغز پسته

محبوبه خواجه حسینی صالح آباد[۱]- عباس خانی[۲*]- حمزه ایزدی[۳]- نجمه صاحب زاده[۲]- محمد امین سمیع[۳]
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶

چکیده

پسته مهم‌ترین محصول باغی است که در مناطق مرکزی ایران به‌طور گسترده کشت می‌شود. صادرات سالانه این محصول به ۱۰۰۰۰۰ تن می‌رسد که رتبه دوم پس از درآمد نفتی کشور را دارد. کرمان مهم‌ترین استان تولیدکننده پسته در ایران است. بالاترین سطح زیرکشت از اراضی تولید پسته در این استان به ارقام کله قوچی، احمدآقایی، اوحدی و اکبری اختصاص دارد. درختان پسته توسط بسیاری ازآفات مورد حمله قرار می‌گیرند. سن سبز پسته (Hem.: Pentatomidae) *Brachynema signatum* از آفات مهم و کلیدی پسته در ایران است. حشرات بالغ و پوره‌های این آفت از میوه‌های در حال رشد پسته تغذیه و خسارت قابل توجهی به قسمت رویی ایجاد می‌کنند که موجب ریزش میوه می‌شوند. سن‌های بدبو ناقل قارچ بیماری‌زای Peglion *Nematospora coryli* هستند که باعث چوب‌پنبه‌ای شدن پسته و بوی تا حدودی تلخ و بد پسته می‌گردند. در مناطق پسته‌کاری ایران، این آفت در باغات پسته سرتاسر استان کرمان وجود دارد و می‌تواند چهار تا پنج نسل در سال تولید کند. در این پژوهش فراسنجه‌های جدول زیستی باروری- دو جنسی سن سبز پسته در اتاقک رشد با شرایط دمایی ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی مغز تازه پسته رقم کله‌قوچی، مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه‌ی جدول زیستی با ۱۰۰ عدد تخم هم‌زاد سن انجام شد. تمامی سنین پورگی و حشرات کامل تا پایان عمر، هر روز با مغز تازه پسته رقم کله‌قوچی تغذیه شدند و داده‌های بقا و تولید تخم روزانه، جهت تشکیل جدول زیستی باروری- دو جنسی مرحله سنی، ثبت گردید. نتایج نشان داد میانگین کل زمان رشد از تخم تا مرگ افراد بالغ ۸۳/۸۵ روز می‌باشد. ماده‌ها در روز ۳۶ شروع به تخم‌گذاری کردند و در روز ۴۴ به اوج تخم‌گذاری خود رسیدند و سپس این روند به تدریج کاهش یافت تا اینکه میزان تخم‌گذاری در روز ۸۶ به صفر رسید. نرخ ذاتی افزایش جمعیت برابر با ۰/۰۰۳۰±۰/۰۸۴ (ماده/ماده/روز)، نرخ خالص تولید مثل برابر با ۱۱/۱۸±۷۸/۷۸ (نتاج/فرد) و نرخ ناخالص تولید مثل برابر با ۱۵/۱۷±۱۴۰/۱۴ (نتاج/فرد)، مدت زمان یک نسل برابر با ۰/۳۸۷ ± ۵۱/۵۵ (روز) و نرخ متناهی افزایش جمعیت برابر ۰/۰۰۳±۱/۰۸۸ (ماده/ماده/روز) بدست آمد. از جدول زیستی باروری می‌توان برای تجزیه و تحلیل و درک تأثیر عوامل خارجی و گیاهان میزبان بر رشد، بقا، تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت حشرات استفاده نمود. کیفیت گیاه میزبان عامل مؤثری بر باروری و نرخ رشد جمعیت حشرات گیاهخوار است. تجزیه و تحلیل جدول زیستی باروری به‌دست‌آمده در این مطالعه نشان داد که *B. signatum* رشد مناسبی در رژیم غذایی طبیعی داشته است. این نتایج می‌تواند به درک تغییرات جمعیت حشره مورد مطالعه در شرایط مزرعه و تصمیم‌گیری و مدیریت بهتر این آفت در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) برای محصول مهم اقتصادی پسته کمک کند.

واژه‌های کلیدی: پسته، جدول زیستی دو جنسی، سن سبز، فراسنجه‌های رشد جمعیت

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین دکتری و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: abbkhani@uoz.ac.ir
۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.81629.1146

مقدمه

امروزه، کشاورزی نقش مهمی در اقتصاد کشورها از جمله ایران ایفا می‌کند. پسته، یکی از مهمترین محصولات کشاورزی است که نقش کلیدی در ارزآوری غیر نفتی دارد. گرچه ایران دارای جایگاه ویژه در بازار جهانی پسته می‌باشد، اما در سال‌های اخیر ورود کشورهایی مانند آمریکا در این عرصه باعث کاهش سهم ایران در بازار صادرات پسته شده است (Khezri & Sarcheshmehpour, 2022).

یکی از مشکلات مهم در تولید پسته، خسارت آفات می‌باشد که همواره دغدغه باغداران به‌خصوص در سال‌های اخیر بوده است. آفات پسته، دارای تنوع زیادی می‌باشند و خسارت آن‌ها، میزان تولید و عملکرد پسته را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. معمولاً این آفات را براساس میزان خسارت اقتصادی و وسعت آلودگی مناطق پسته‌کاری کشور، تقسیم‌بندی می‌کنند (Khezri & Sarcheshmehpour, 2022). سن‌های پسته *Acrosternum milleri* Mulsant and Rey, *A. heegeri* Fieber, *Brachynema germari* Kolenati, *B. signatum* Jakovlev, *Apodiphus amygdale* Germar, *Lygaeus pandurus* Fabricius از آفات درجه اول هستند که در اغلب مناطق پسته‌کاری کشور وجود دارند و خسارت اقتصادی آن‌ها قابل توجه است (Mehrnejad, 2020). سن سبز پسته *B. signatum* با لکه‌ی سفید در انتهای سپرچه، به‌عنوان گونه غالب در اکثر مناطق پسته کاری استان کرمان به ویژه شهرستان رفسنجان می باشد (Zeinaldini meimand, 2011). حشرات کامل این گونه زمستان را در پناهگاه‌های کوهستانی در زیر بوته‌هایی درمنه و اسپند، می‌گذرانند (Mehrnejad, 2001). این حشرات بدلیل داشتن نورگرایی مثبت، به تله‌های نوری معمولی جلب می‌شوند که با این روش می‌توان در شب، وجود این آفت را در باغات پسته تشخیص داد. این سن‌ها از اواخر شهریور ماه همزمان با رسیدن میوه‌ها و برداشت محصول به تدریج به سمت مناطق زمستان‌گذران، مهاجرت می‌کنند و به حالت دیاپوز کامل در زیر بوته‌های گیاهانی نظیر درمنه، قیچ و غیره، بدون هیچ‌گونه فعالیتی پنهان می‌شوند (Pourkhatoon, 2014).

سن‌های سبز به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم، باعث خسارت می‌شوند. در روش مستقیم، سن‌ها با داشتن قطعات دهانی زننده–مکنده، ضمن تغذیه از پسته‌های در حال رشد، سبب لهیدگی پوسته رویی می‌شوند. در این حالت، بافت‌های مزوکارپ و اندوکارپ میوه درگیر شده و باعث لکه‌دار شدن پوست استخوانی می‌گردد که به آن، لهیدگی پوست رویی گفته می‌شود. گاهی اوقات نیز، قطعات دهانی سن‌ها به‌طور مستقیم به مغز نفوذ کرده و با تغذیه از مغز پسته، سبب ایجاد لکه روی مغز پسته می‌گردد. در روش غیرمستقیم، در هنگام تغذیه سن‌ها از مغز پسته، یک نوع قارچ با نام علمی *Nematospora corli* Peglion به مغز پسته نفوذ کرده و آن را لکه‌دار و تیره می‌کند که به آن بیماری استیگماتومایکوزیس (ماسو) گفته می‌شود. در این حالت، مغز پسته تیره رنگ و پنبه‌ای شده و بوی نامطبوعی می‌دهد (Mehrnejad, 2020).

خسارت زیاد سن‌های سبز پسته در مناطق پسته‌کاری، لزوم آگاهی از ویژگی‌های زیستی، رفتاری و اکولوژیکی سن‌های سبز را برای مدیریت موفقیت‌آمیز این آفات کلیدی، روشن می‌سازد. لذا برنامه‌های مدیریتی آفات باید براساس شناسایی و تخمین جمعیت آفت، اطلاع از مراحل زندگی، نحوه خسارت آفت، شناسایی حساس‌ترین مرحله زندگی آفت و انتخاب روش‌های مناسب مبارزه با آن، صورت گیرد (Khezri & Sarcheshmehpour, 2022). هم‌چنین در برنامه‌ی مدیریت مبارزه با این آفت مانند بسیاری از آفات دیگر، برآورد فراسنجه‌های زیستی رشد، دارای اهمیت است. از جدول زیستی باروری می‌توان برای تعیین زمان رشد و نمو، نرخ زنده‌مانی مراحل رشدی و تخمین اندازه جمعیت استفاده کرد (Medeiros *et al*., 2000; Southwood & Henderson, 2000; Chi, 2016).

با توجه به این که بیشترین حشرات، دوجنسی هستند و هر دو جنس ممکن است باعث خسارت اقتصادی شوند. لذا علاوه بر تفاوت ها در نرخ رشد، اغلب بین جنس‌ها و بین افراد، تفاوت‌هایی وجود دارد. به‌منظور در نظر گرفتن هر دو جنس و تغییرات نرخ رشد بین افراد (Chi, 1990)، جدول زندگی دوجنسی مرحله‌ای– سنی به‌منظور ارزیابی فراسنجه‌های دموگرافی سن سبز *Brachynema signatum* (Hemiptera: Pentatomidae) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ما توصیف جامعی از بقاء، رشد و تولید مثل افراد یک گروه هم‌سن[1] را فراهم می‌کند. علاوه براین، فراسنجه‌های جدول زندگی اغلب با تغییرات محیطی مختلف مانند گونه میزبان و فاکتورهای دیگر تغییر می‌کند (Hu *et al*., 2010).

درمورد جدول زیستی دوجنسی روی گونه‌های مختلف سن‌های خانواده‌ی پنتاتومیده به‌ویژه سن‌های پسته پژوهش‌هایی در ایران انجام شده است. از جمله خواجه حسینی صالح آباد و همکاران (Khajehoseini Salehabad *et al*., 2022) روی جدول زیستی باروری گونه *Acrosternum milleri*، پورخاتون و همکاران روی گونه‌ی *Brachynema signatum* (Pourkhatoon *et al*., 2014)، یزدان پناه و همکاران (Yazdanpanah *et al*., 2019) و پورخاتون و

1- cohort

همکاران (Pourkhatoon et al., 2016) روی گونه‌ی *Brachynema germari* و باقری و همکاران (Bagheri et al., 2010) روی جدول زیستی باروری دوجنسی گونه *Acrosternum heegeri* Fieber پژوهش انجام داده اند. بنابراین با توجه به اهمیت سن سبز پسته گونه *B. signatum* به‌عنوان آفات درجه یک پسته، می‌توان با تعیین فراسنجه‌های زیستی باروری این حشره، در راستای مدیریت این آفت، گام مهمی برداشت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و شناسایی حشرات کامل سن سبز پسته

حشرات کامل سن سبز پسته گونه *B. Signatum* از باغهای پسته شهرستان رفسنجان (روستای احمد آباد دفعه و منطقه صادق آباد) از اواخر اردیبهشت تا اواسط خرداد ماه در سال ۱۳۹۷ از لابلای خوشه‌های پسته و بوته‌های زاروق و اسپند سگ در کف باغ، جمع‌آوری و برای بررسی و انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه، منتقل شدند. گونه‌ها با نمونه‌های شناسایی شده موجود در آزمایشگاه، مقایسه (Pourkhatoon, 2014) و توسط بخش رده‌بندی حشرات در مؤسسه گیاه‌پزشکی کشور شناسایی و تأیید شدند.

بررسی فراسنجه‌های زیستی باروری

پرورش حشرات کامل سن سبز پسته در آزمایشگاه بیواکولوژی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در اتاقک رشد در دمای ۱± ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵± ۶۵ درصد روی مغز تازه پسته رقم کله‌قوچی انجام گردید.

جهت تشکیل کلنی، سن‌های جمع‌آوری شده از باغهای پسته (از لابلای خوشه‌های پسته و بوته‌های زاروق و اسپند سگ در کف باغ) پس از شناسایی و تفکیک، درون ظروف پلاستیکی دربدار مستطیلی‌شکل به ابعاد ۱۰×۱۸ × ۲۵ منتقل شده و روی درب آن‌ها جهت تهویه مناسب، سوراخی ایجاد و با توری دوازده مش (۱۲ روزنه در سانتی‌متر مربع) پوشانده شد. ابتدا، کف ظرف‌های پرورش یک لایه دستمال کاغذی تمیز قرار داده شد (Pourkhatoon, 2014). جهت تأمین رطوبت و آب مورد نیاز حشرات، از چند لوله‌ی فالکون حاوی آب که در آن با پنبه بسته شده بود، در هر طرف ظرف پرورش استفاده گردید. حشرات به‌صورت روز در میان با مغزهای تازه پسته تغذیه شدند، به این ترتیب که به‌صورت یک روز در میان مغزهای تازه جایگزین مغزهای قبلی می‌شد. به‌منظور جلوگیری از تبخیر سریع رطوبت مغزهای پسته و نیز جلوگیری از فساد، مغزها با یک لایه بسیار نازک پارافیلم پوشانده شدند. به‌طوری‌که سن‌ها قادر بودند تا خرطوم خود را از این پارافیلم بسیار نازک عبور داده و از مغز پسته تغذیه کنند. حشرات بالغ تخم‌های خود را روی مغز تازه پسته، روی دیواره‌ها و درب ظرف گذاشتند. از چند دسته تخم هم‌زاد حاصل از نسل سوم جهت انجام آزمایشات زیست‌شناسی و تعیین فراسنجه‌های جدول زیستی استفاده شد.

جدول زیستی باروری با یک گروه تخم هم‌سن (۱۰۰ تخم) آغاز شد. طول دوره جنینی و طول مراحل پورگی سن اول ودوم به‌صورت گروه‌های ۱۰ تایی مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس پوره‌های سن سوم، به ظروف پرورش انفرادی به ابعاد ۸ × ۷×۴ cm منتقل گردیدند (Pourkhatoon, 2014). میزان تلفات و طول هر یک از مراحل رشدی تا زمان تبدیل به حشره کامل، به‌صورت روزانه ثبت شد. بلافاصله حشرات نر و ماده (تفکیک جنسیت بر اساس برآمدگی انتهای شکم) به‌صورت جفتی کنار هم قرار گرفتند. سپس هر روز تعداد تخم‌های که به‌وسیله‌ی حشره ماده گذاشته می‌شد یادداشت شد و تا زمانی‌که اخرین حشرات کامل زنده بود، این کار دنبال شد. جهت تشکیل جدول زیستی دوجنسی مرحله‌ای- سنی، وقایع روزانه همه افراد به‌صورت روزانه از تولد تا مرگ (تولید مثل روزانه افراد ماده)، هر یک از مراحل رشدی نظیر تخم، پوره‌های سن اول تا پنجم و حشره کامل و جنسیت آن‌ها تعیین گردید.

نرخ بقاء ویژه مرحله‌ای- سنی [1] (s_{xj}) (x: سن، j: مرحله)، باروری ویژه مرحله‌ای- سنی [2] (F_{xj})، میانگین باروری ماده (F)، نرخ تولیدمثل مرحله‌ای- سنی [3] (v_{xj})، نرخ بقاء ویژه سن [4] (l_x)، باروری ویژه سنی (m_x) و فراسنجه‌های جمعیت (r: نرخ ذاتی افزایش جمعیت، λ: نرخ متناهی افزایش جمعیت، R_0: نرخ خالص تولیدمثل، GRR: نرخ ناخالص تولیدمثل [5] و T: میانگین مدت زمان نسل)، برطبق روابط مربوطه محاسبه شدند (Chi & Su, 2006;Chi, 2016).

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های مربوط به جدول زندگی توسط نرم‌افزار TWOSEX-MSChart و براساس جدول زندگی دو جنسی ویژه سنی آنالیز شد. منحنی‌ها و نمودارها در نرم‌افزار اکسل رسم گردید (Chi, 2016).

نتایج

طول هر یک از مراحل رشدی در سن سبز پسته پس از تغذیه روی مغز تازه پسته به شرح زیر است (جدول ۱). به‌طوری‌که میانگین طول دوره جنینی حشره ۰/۰۷±۴/۱۳ روز بود. بیشترین و کمترین طول دوره پورگی به‌ترتیب مربوط به پوره‌های سن پنجم ۷,۲۸ ±

1- Survival rate to each age-stage interval
2- Age-stage-specific fecundity
3- Age-stage specific reproductive value
4- Age-specific survival rate
5- The gross reproduction rat

۰،۰۸ روز و پوره سن یک ۲،۰۶ ± ۰،۰۳ روز بود (جدول ۱). براساس نتایج جدول ۱، طول عمر سن سبز پسته ۵۳/۹۸ ± ۰/۶۲ روز است.

میزان نـرخ بقـاء ویـژه مرحلـه ای- سـنی (S_{xj})، سـن سـبز *B. signatum* با احتمال این‌که یک تخم گذاشته شده تا سن x و مرحله j بقاء خواهد یافت، در شکل ۱، نشان داده است. نتایج نشان داد که در دوره رشد و نمو، مراحـل مختلـف رشـدی، بـا یکـدیگر هـم پوشـانی داشتند.

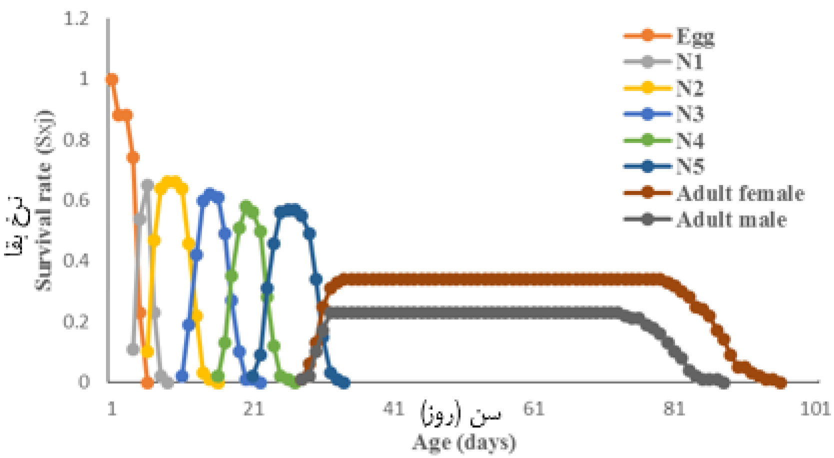
در شکل ۲ منحنی‌هـای (l_x)، (m_x) و (l_xm_x)، آورده شـده اسـت. دوره‌ی بقاء و دوره‌ی تخم‌گذاری حشرات کامل مـاده بـه‌ترتیـب ۳۴ و ۲۴/۳۲ روز بدست آمد (جدول ۲).

در شکل ۳ منحنی (e_{xj}) سن مـورد مطالعـه ارائـه شـد. امیـد بـه زندگی، زمانی است که انتظار می‌رود هر فرد از سن x تا مرحله j زنده بماند (Yang & Chi, 2006). امید به زندگی به‌تدریج با افزایش سن کاهش می‌یابد چون در آزمایشگاه هیچ‌گونـه اثـرات نـامطلوبی شـبیه آنچه در مزرعه روی می‌دهد، وجود ندارد (Jha *et al.*, 2012). امید به زندگی (e_{xj}) در اولین روز ظهور در حشرات نر و ماده در این گونـه بـه ترتیب ۵۲/۸۲ و ۵۹/۳۸ روز به‌دست آمد.

جدول ۱- میانگین (±خطای معیار) طول دوره سنین مختلف رشدی سن سبز پسته *Brachynema signatum* روی مغز پسته بر حسب روز

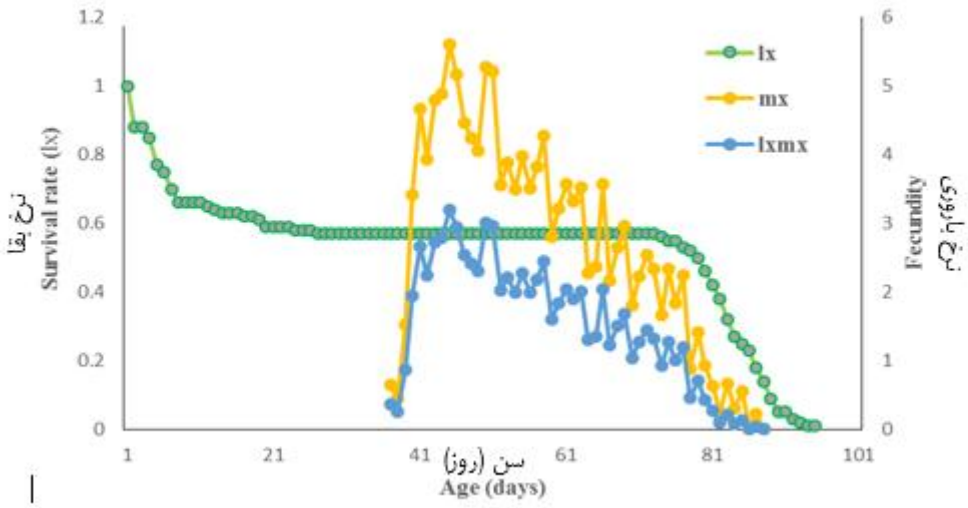
Table 1- Duration of different developmental stages (Mean ± SE) of *B. signatum*, reared on kernels of pistachio

ویژگی‌های زیستی Biological characteristics	میانگین ± خطای معیار (روز) Mean ± SE (days)
طول دوره جنینی Incubation period	4.13 ± 0.07
طول دوره پورگی سن یک First-instar nymph duration	2.06 ± 0.03
طول دوره پورگی سن دو Second-instar nymph duration	5.9 ± 0.08
طول دوره پورگی سن سه Third-instar nymph duration	5.27 ± 0.06
طول دوره پورگی سن چهار Fourth-instar nymph duration	5.23 ± 0.06
طول دوره پورگی سن پنج Fifth-instar nymph duration	7.28 ± 0.08
طول دوره زندگی حشرات کامل ماده Adult longevity	53.98 ± 0.62



شکل ۱- نرخ بقاء ویژه سن-مرحله‌ی رشدی (s_{xj}) برای هر مرحله رشدی سن سبز پسته گونه *Brachynema signatum*

Figure 1- Age-stage survival rate (s_{xj}) for each stage of *B. signatum*



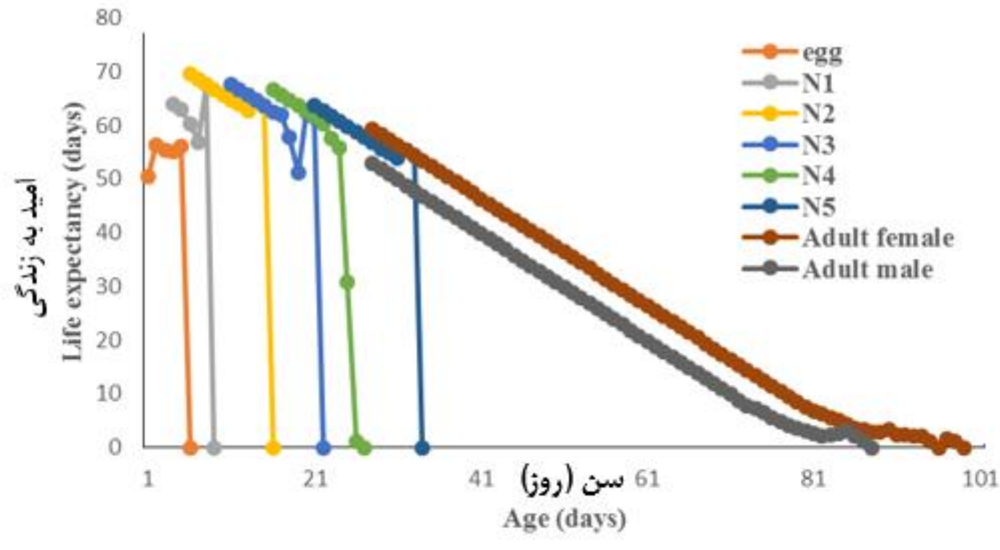
شکل ۲- نرخ بقا ویژه سن، باروری ویژه سنی و زادآوری ویژه سن گونه ***Brachynema signatum***

Figure 2- The age-specific survival rate (l_x) and the age-specific fecundity of total population (m_x) of *B. signatum*

جدول ۲- میانگین (±خطای معیار) میزان بقا و دوره تخمگذاری (روز) حشرات ماده سن سبز پسته ***Brachynema signatum*** روی مغز پسته

Table 2- The rate of survival and egg-laying period (days) of *Brachynema signatum* female (Mean ± SE), reared on kernels of pistachio

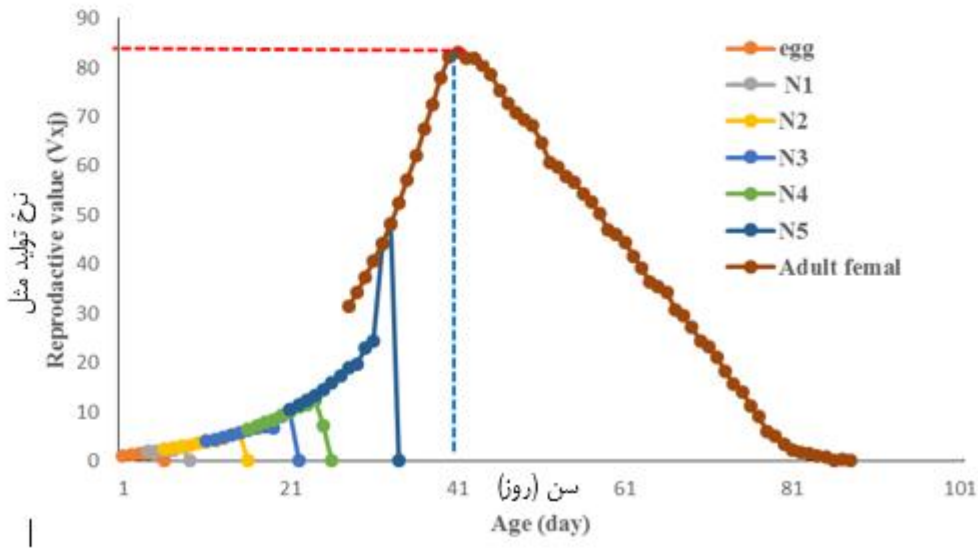
ویژگی‌های زیستی **Biological characteristics**	میانگین ± خطای معیار (روز) **Mean ± SE (days)**
میزان بقا survival rate	34
دوره تخمگذاری Oviposition period	24.32 ± 0.03



شکل ۳- امید به زندگی سن سبز پسته گونه***Brachynema signatum***

Figure 3- The age-stage life expectancy (e_{xj}) of *Brachynema signatum*

در شکل ۴ منحنی نرخ تولیدمثل مرحله سنی (v_{xj}) گونه سن مورد مطالعه آورده شده است. اوج فراسنجه‌های تولیدمثلی ماده در گونه مذکور در روز چهل و یکم و معادل ۸۳/۰۵ بدست آمد. فراسنجه‌های جمعیّت پایدار سن سبز پرورش داده شده روی مغز تازه پسته در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس مدل‌های موجود فراسنجه‌های جمعیت و خطاهای استاندارد براساس داده‌های تمام گروه‌های هم‌سن در هر دو جنس و تغییرات نرخ رشد بین افراد محاسبه شدند.



شکل ٤- نرخ تولیدمثل مرحله سنی گونه *Brachynema signatum*

Figure 4- The reproductive rate (v_{xj}) of *Brachynema signatum*

جدول ۳- میانگین (±خطای معیار) فراسنجه‌های زیستی باروری سن سبز پسته *Brachynema signatum* روی مغز پسته

Table 3- The main parameters of the life table (Mean ± SE) of B. *signatum*, reared on kernels of pistachio

فراسنجه‌های جدول زیستی Life table parameters	میانگین±خطای معیار Mean ± SE
نرخ خالص تولید مثل (نتاج/فرد) Net reproductive rate (R0) Femal/Female	78.78 ± 11.18
نرخ ناخالص تولید مثل (نتاج/فرد) Gross reproductive rate (GRR) Egg	140.14 ± 15.17
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (ماده/ماده/روز) Intrinsic rate of increase (r) Femal/Female/Day	0.084 ± 0.003
مدت زمان یک نسل (روز) Mean generation time (T) Day	51.55 ± 0.387
نرخ متناهی افزایش جمعیت (ماده/ماده/روز) Finite rate of increase (λ) Femal/Female/Day	1.088 ± 0.003

بر اساس نتایج به‌دست آمده، طول مدت زمان یک نسل سن سبز پسته با تغذیه از مغز تازه پسته ۵۱/۵۵±۰/۳۸۷ روز و نرخ خالص تولیدمثل نیز که مجموع ماده‌های تولید شده توسط یک فرد ماده در طول عمر با دخالت عامل میزان بقاء را نشان می‌دهد ۷۸/۷۸ (نتاج/فرد) تعیین گردید. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای این گونه ۰/۰۸۴ (ماده/ماده/روز) و نرخ متناهی افزایش جمعیت ۰/۰۰۳± ۱/۰۸۸ (ماده/ماده/روز) تعیین شد.

از آنجایی که نرخ بقاء ویژه سن[1] کاهش یکسانی را در هریک از مراحل رشدی نشان داد، نرخ ناخالص تولید مثل بیش‌تر از نرخ خالص تولید مثل[2] می‌باشد.

1- lx
2- GRR>R0

بحث

به طور کلی جدول زیستی تولیدمثلی توانایی میزان زنده مانی حشرات را در مراحل سنی یا رشدی متفاوت نشان می‌دهد. فراسنجه‌های که از این جدول باروری به دست می‌آیند به عنوان وسیله‌ای هستند که می‌توانند عوامل بیرونی که بر مقدار رشد و باروری تأثیر می‌گذارند، تجزیه و مشخص کنند.

در پژوهش پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) طول دوره جنینی برای تخم‌های سن سبز پسته *B. signatum* روی جیره غذایی طبیعی (زاروق) و جایگزین (ترکیب لوبیا سبز، کپسول اسپند و مغز تخمه آفتابگردان) به‌ترتیب ۳/۶ و ۳/۷۸ روز به‌دست آمد که با نتایج پژوهش حاضر (۴/۱۳ روز) مشابهت دارد.

در پژوهشی دیگری که توسط یزدان پناه و همکاران (Yazdanpanah *et al.*, 2019) انجام گرفت طول دوره جنینی در گونه‌ی دیگری از سن پسته *Brachynema germari* در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس ۶/۰۳ روز به‌دست آمد و یک دوره کامل زندگی (از تخم تا مرگ بالغین نر و ماده) در این دما به‌ترتیب ۰/۹۹±۵۴/۷۸ و ۰/۸۲±۶۷/۶۵ روز طول کشید.

در تحقیق انجام شده توسط پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) نتایج نشان دادکه که طول دوره زندگی بالغها برای سن سبز پسته *B. signatum* روی جیره غذایی طبیعی و جایگزین به‌ترتیب ۱/۸±۵۹/۰۶ و ۲/۴۴±۶۰/۲۸ روز به‌دست آمد که با نتایج پژوهش حاضر (۵۳/۹۸ روز) تا حدودی متفاوت بود.

نتایج نشان داد که در دوره رشد و نمو، مراحل مختلف رشدی هم پوشانی دارند (شکل ۱). همپوشانی بین منحنی‌های ویژه مرحله رشدی در نتیجه اختلاف بین افراد در نرخ رشد و نمو است. این تغییرات به این صورت است که بقاء حشرات نر در مقایسه با حشرات ماده طولانی‌تر بود. تغییرات میزان رشد در بین افراد باعث می‌گردد که در منحنی s_{xj} روی هم افتادگی مراحل مشاهده گردد. می‌توان گفت که نتایج به دست آمده با نتایج پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) تقریباً همخوانی داشت.

با مطالعه زیست‌شناسی و تولیدمثل *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)، بقای این سن‌ها در مرحله نابالغ حدود ۵۹ درصد گزارش شده است (Freitas *et al.*, 2006). بقا برای سنین مختلف پورگی بین ۷۵ تا ۹۸ درصد بود. نتایج آزمایش حاضر در مورد بقای مراحل نالغ سن سبز با لکه‌ی سفید در انتهای سپرچه پسته مشابه سایر پنتاتومیدها می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دوره بقاء و تخم‌گذاری حشرات کامل ماده به‌ترتیب ۳۴ و ۲۴/۳۲ روز بدست آمد. در حالی که در پژوهش انجام شده توسط پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) آغاز تولید نتاج به‌وسیله هر حشره ماده *B. signatum* در جیره غذایی طبیعی و جایگزین به‌ترتیب روزهای ۳۲ و ۳۷ و پیک آن به‌ترتیب در روزهای ۲۹ و ۴۱ بوده است و سرانجام تخم‌گذاری حشرات ماده کاهش یافت تا اینکه در روز صدم تخم‌گذاری متوقف شد.

میزان امید به زندگی در تحقیق انجام شده، در اولین روز خروج حشرات نر و ماده در این گونه به‌ترتیب ۵۲/۸۲ و ۵۹/۳۸ روز به‌دست آمد. اما در پژوهش صورت گرفته توسط پورخاتون (Pourkhatoon, 2014)، امید زندگی در حشرات نر و ماده گونه *B. sgnatum* روی غذای طبیعی ۶۰ و ۶۳ روز و میزان آن روی جیره غذایی جایگزین ۵۶/۵ و ۶۳ روز بود، این نتایج تا حدودی شبیه با نتایج پژوهش حاضر است.

نرخ تولید مثل به‌عنوان سهم یک فرد در جمعیّت بعدی مشخص می‌شود. نرخ تولید مثل مرحله‌ای- سنی [۱] سن سبز پسته سهم یک فرد در سن x و مرحله j را در جمعیّت بعدی (شکل ۴)، نشان می‌دهد. نرخ تولید مثلی به‌طور معنی‌داری وقتی که تولید مثل شروع شد افزایش یافت. میزان تولیدمثل، معیار ویژه‌ای است که مشارکت نسبی هر گروه سنی را در ایجاد نسل‌های آینده بیان می‌کند (Pianka, 1994). اگر یک حشره ماده نتاجی را تولید نکند نرخ تولید مثل آن صفر می‌شود ولی ممکن است منحنی بقاء همچنان ادامه داشته باشد که این موضوع در شکل‌ها قابل مشاهده است. اوج فراسنجه‌های تولیدمثلی ماده در گونه مورد مطالعه مربوط به روز چهل و یکم برابر ۸۳/۰۵ بدست آمد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) که اوج نرخ تولیدمثل در روز سی و هفتم است یا به عبارت دیگر حشرات ماده در روز سی و هفتم بیشترین تأثیر را در رشد جمعیت دارند، تا حدودی مشابه است.

در پژوهشی که توسط پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) روی *B. signatum* انجام شد، فراسنجه‌های نرخ خالص تولید مثل، نرخ ناخالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت در دمای ۲۵/۵ درجه سلسیوس برای این حشره بر روی جیره غذای طبیعی (گیاه علفی زاروق) به‌ترتیب ۱۷/۵۶±۱۲۸/۷۵ ماده/ ماده، ۲۱/۵۳±۲۲۱/۴۸۴ تخم/ ماده و ۰/۰۰۳ ± ۰/۱۰۲۳ ماده/ ماده/ روز بدست آمد. که مقادیر بالاتری نسبت به داده های حاصل در پژوهش حاضر دارند. تفاوت مشاهده شده می‌تواند به‌علت تفاوت در گونه‌ی گیاه میزبان باشد. چون نرخ ذاتی افزایش جمعیت این حشره روی علف هرز زاروق بیشتر بوده است (Pourkhatoon *et al.*, 2014)، می‌توان از این گیاه به‌عنوان تله جهت جلب این گونه‌ی سن، استفاده نمود.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت می تواند به‌عنوان یک فراسنجه کلیدی برای تعیین نرخ رشد تحت تأثیر ماده غذایی حشرات باشد (Southwood & Henderson, 2000). طبق نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر نرخ ذاتی افزایش جمعیت گونه سن سبز *B.*

1- vxj

signatum ۰/۰۸۴۷ (ماده- ماده-روز) بود و گویای این مطلب است که مغز تازه پسته می‌تواند مناسب‌ترین میزبان برای پرورش انبوه گونه *B. signatum* می‌باشد. در پژوهش انجام شده توسط پورخاتون (Pourkhatoon, 2014) مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیّت روی دو جیره غذایی طبیعی (زاروق) و جایگزین (ترکیب لوبیا سبز، کپسول اسپند و مغز تخمه آفتابگردان) به‌ترتیب ۰/۱۰۲ و ۰/۰۸۶ ماده-ماده-روز برآورد که از مقادیر نرخ ذاتی افزایش جمعیت گونه مورد بررسی در پژوهش حاضر با تغذیه از مغز تازه پسته بیشتر می‌باشد. با نگرش به اینکه این مقدار در پژوهش حاضر پایین‌تر است علت آن این است که احتمالاً میزبان‌ها و شرایط انجام آزمایش در نتایج حاصل مؤثر بوده است. بنابراین رژیم غذایی تولیدمثل گونه سن سبز را نیز تحت تأثیر قرار داده است (Liu *et al*., 2004).

از طرف دیگر تغییر دما نیز بر میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت مؤثر است. به‌طور مثال در یک بررسی میزان نرخ ذاتی افزایش جمعیت در سن *Podisus maculiventris* (Say) در دمای ۱۶ درجه سلسیوس برابر با ۰/۰۵، در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد برابر با ۰/۰۸ و در ۳۰ درجه سانتی‌گراد برابر با ۰/۰۹ می‌باشد (Legaspi, 2004).

طبق نتایج حاصل از این بررسی، این اطلاعات می‌تواند در کنترل این آفات مهم نقش بسزایی داشته باشد زیرا با محاسبه زمان دقیق ظهور حشرات کامل (پیش‌بینی اکولوژی جمعیت) می‌توان یک برنامه ریزی دقیق برای سم‌پاشی علیه بالغین ارائه داد. از داده‌های مربوط به فراسنجه‌های جمعیت شناختی که به واسطه تجزیه و تحلیل جدول زندگی در این تحقیق بدست آمده، با توجه به پرورش حشره روی غذای اصلی و ترجیحی، می‌توان در پیش‌بینی رشد و ارزیابی واقعی جمعیت آفت در برنامه‌های مدیریت یکپارچه آفت (IPM) و تهیه مدل‌های ریاضی پیش آگاهی در محیط پراکنش این آفت استفاده کاربردی داشت.

سپاسگزاری

این پژوهش بوسیله دانشگاه زابل حمایت مالی (Grant No 0084) و معنوی شده است که تقدیر و تشکر می‌شود. از بخش حشره‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به‌خاطر امکانات آزمایشگاهی و از بخش رده‌بندی حشرات مؤسسه گیاهپزشکی کشور به‌خاطر تشخیص و تأیید گونه حشره، تشکر و قدردانی می‌گردد.

Refrences

1. Bagheri, F., Hosseininaveh, V., Talebi Jahromi, K., & Bigham, M. (2010). A survey of some biological traits and fertility life table parameters of pistachio green stink bug, *Acrosternum hegeri* (Hemiptera: Pentatomidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *41*(1), 119-123. (In Persian with English abstract)
2. Chi, H. (1990). Timing of control based on the stage structure of pest population: a simulation approach. *Journal of Economic Entomology*, *83*, 1143-1150. https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1143
3. Chi, H., & Su, H.Y. (2006). Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Muzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Enviromental Entomology*, *35*, 10-21. https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10
4. Chi, H. (2016). TWOSEX-MSChart: Computer program for the agestage, two-sex life table analysis.
5. Freitas, S.P.C., Júnior, W.S.E., Zanuncio, J.C., & Serrão J.E. (2006). Development, survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) with salt and amino acids solutions supplementary diet. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *49*(3), 449-455. https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000400013
6. Hu, L.X., Chi, H., Zhang, J., Zhou, Q., & Zhang, R.J. (2010). Life table analysis of the performance of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) on two wild rice species. *Journal of Economic Entomology*, *103*, 1628-1635. https://doi.org/10.1603/EC10058
7. Jha, R.K., Chi, H., & Tang, L.C. (2012). A comparison of artificial diet and hybrid sweet corn for the rearing of *Helicoverpa arigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) based on life table characteristics. *Environmental Entomology*, *41*, 30-39. https://doi.org/10.1603/EN11206
8. Khajehoseini Salehabad, M., Khani, A., Izadi, H., Sahebzadeh, N., Samih, M.A. (2022). Parameters of age-stage, two sex life table of pistachio green bugs, *Acrosternum milleri* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pistachio Science and Technology*, *7*(12), 127-146. (In Persian with English abstract)
9. Khezri, M., & Sarcheshmehpour, M. (2022). Iran 's pistachio (Physiology, Breeding and Management). Shahid Bahonar University of Kerman Publishing. 447 pp. (In Persian)
10. Legaspi, J.C. (2004). Life history of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) adult female under different constant temperatures. *Journal of Environmental Entomology*, *33*(5), 1200-1206. https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.5.1200
11. Liu, Z., Li, D., Gong, P.Y., & Wu, K.J. (2004). Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology*, *33*, 1570-1576.

https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.6.1570
12. Medeiros, R.S., Ramalho, F.S., Lemos, W.P., & Zanuncio, J.C. (2000). Age-dependent fecundity and life fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, *124*, 319-324. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00482.x
13. Mehrnejad, M.R. (2001). The current status of pistachio pests in Iran. *Cahiers Options Méditerranéennes*, *56*, 315-322.
14. Mehrnejad, M.R. (2020). Arthropod pests of pistachio, their natural enemies and management. *Plant Protection Science*, *56*, 231-260. https://doi.org/10.17221/63/2019-PPS
15. Pianka, E.R. (1994). *Evolutionary ecology*. 5th ed. New York, Harper Collins College, 486 pp.
16. Pourkhatoon, S. (2014). Laboratory rearing of pistachio green stink bug, *Brachynama signatum* on a composite diet with sublethal effects studies of flonicamid and lambda-cyhalothrin pesticides on the fertility life table parameters. M. Sc. Thesis, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Kerman, Iran. 125 pp. (In Persian)
17. Pourkhatoon, S., Ziaaddini, M., Alizade, A., Jalali, M.A., & Ebrahimi, M. (2014). Age-Stage, Two Sex Life Table Parameters of Pistachio sting bug, *Brachynema signatum* (Hemiptera: Pentatomidae) on a weed, *salsola rigida*. 3rd Integrated Pest Management Conference (IPMC) 21 & 22 January 2014, Kerman, Iran. p. 170-176.
18. Pourkhatoon, S., Ziaaddini, M., Alizade, A., Jalali, M.A., & Ebrahimi, M. (2016). Biological Characteristic of *Brachynema germari* (Hemiptera: Pentatomidae): Comparative Study of Composite and Natural Diet, *Journal of Economic Entomology*, *109*(3), 1273–1282. https://doi.org/10.1093/jee/tow038
19. Southwood, T.R.E., & Henderson, P.A. (2000). Ecological Methods. 3rd ed. Blackwell Science Ltd., 592pp.
20. Yang, T.C., & Chi, H. (2006). Life table and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, *99*, 691-698. https://doi.org/10.1093/jee/99.3.691
21. Yazdanpanah, A., Nouri-Ganbalani, G., Razmjou, J., Basirat, M., & Fathi, S.A. (2019). Effects of different temperatures on the demography of pistachio green stink-bug, *Brachynema germari* Kolenati (Hemiptera: Pentatomidae), under laboratory conditions. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, *78*(4), 29-36. https://doi.org/10.25085/rsea.780405
22. Zeinaldini Meimand, N. (2011). *Faunistic study and distribution of pistachio bugs and their natural enemies in Rafsanjan area*. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 105 pp. (In Persian)